

自動車の運転操作と P・I・D

最近、自動運転自動車が話題になっていますが、その最大の課題は状況の認識と判断です。自動車専用道路のようなシンプルな環境での自動運転は現実味を帯びていますが、市街地になると物の種類も数も増え、人間には当たり前で認識・予測できそうなトラブルにどこまで対処できるか、というところが鍵だと思います。

この認識のむずかしさとは別に、自動車をコンピュータ制御で操作するように改造するだけなら、それほどむずかしくありません。車の走行で操作すべきは、アクセル、ブレーキとハンドルで、それぞれに何か駆動装置をつければ済みます。あとは、速度を制御するためにペダル類を操作し、進行方向を望む方向に向ける制御のためにハンドルを操作します。ただしこの2つ、同じ「制御する」といっても目標に合わせるために必要な操作の方針＝使うべき制御則が少し異なります。

ものを目的のとおり動かすためにさまざまな制御手法があります。フィードバック制御と分類されるものでは、制御したい対象の状態をセンサで読み取り、指定された目標と一致するように、対象を操作(動作の指示)します。これは、対象に単調性がある場合、つまり操作を大きくしたら対象の状態が対応して常に大きく(もしくは小さく)変化するような関係(グラフで書くと右上がりもしくは右下がり)だと、適用しやすい方法です。

たとえば、アクセルは踏むほど速くなり、ハンドルも回すほどカーブするため、単調性があります。

代表的なフィードバック制御にPID制御と呼ばれる手法があり、多くのところで用いられています。PID制御を自ら直接実装することは少ないと思いますが、たとえば、産業用のモータ制御装置の中には何個ものPID制御が使われ、その設定項目には調整パラメータとしてP,I,Dの文字が見られます。このP,I,Dは比例制御(Proportional)、積分制御(Integral)、微分制御(Derivative)の頭文字で、3種類の制御を組み合わせます。

PIDを含む、典型的なフィードバック制御では、まず、対象の状態の計測値と目標値の差を計算して「誤差」とします。この誤差がゼロになれば、目標どおりに制御されたことになり、そうなるように対象に変化を指示する「操作」を行います。誤差から操作を計算するルールはいくつもあります。

比例制御(P)は誤差に比例した操作を行います。つまり誤差が大きければ大きいほど、誤差がゼロに近づく方向に、より大きく操作します。積分制御(I)は誤差の時間積分に比例した操作を行います。一般的なコンピュータ制御では、一定の周期ごとに制御演算を行いますが、毎回の誤差を積算したものを積分値として使います。もし誤差がゼロではない、正の値の場合はこの積分値は増

熊谷正朗 —KUMAGAI MASA-NAKI—

東北学院大学 工学部 機械知能工学科 教授

東北学院大学工学部 教授／仙台市地域連携フェロー(ロボットメカトロ系担当)。2000年東北大学大学院工学研究科修了、博士(工学)、同大助手。03年東北学院大学講師、助教授、准教授を経て、現在に至る。ロボメカ系開発を専門とし、メカの設計からマイコンやサーバのソフト開発までを行う。「基礎からのメカトロニクス講座」や地域企業訪問も実施中。



え続けるため、なんらかの理由で誤差が残っていると徐々に増加し、それに応じて操作も大きくなっていきます。誤差がゼロになると増えなくなりますが、それまでに貯まった分は操作し続けます。最後に微分制御(D)は誤差の時間微分に比例した操作をします。この微分は今回の誤差から、前回の制御計算時の誤差を引いた、誤差の変化分にあたります(厳密には周期で割ったもの＝誤差が変化する速度)。見方を変えると、目標値の変化速度と、実際値の変化速度を一致させるように作用します。

これらは、Pを基本として、PI, PD, PIDのように組み合わせて(単に加算して)使います。Pは基本となる制御ですが、これだけでは不十分なためです。たとえば、車の速度を調整するためにアクセルを操作しようします。もし、速度が目標に一致したら、つまり誤差がゼロになったら、比例制御では操作がゼロとなるので、ペダルを戻すことになりますが、これでは速度が維持できません。このような場合にIを併用します。すると、最終的には、Iの積分部分で目標速度に必要なアクセル操作量を受け持ち、Pは小幅の調整のみを担当するようになります。対してハンドルのほうは、目標の方角を向いたらハンドル角度ゼロでもかまわないので、原理的にはP制御だけで済みます。しかしIを加えておくと、微妙にアライメ

ントがずれていたりしてハンドル角度ゼロで直進しない場合にも、その補正をしてくれます。ただ、Iは一度貯まった分を解消しないとその分が出続けることになるため、一般に制御の反応速度が落ちる傾向にあります。一方、Dには、目標が時間とともに変化する場合にそれについて行きやすくする効果と、対象が振動を始めたときにブレーキをかけて収めるような作用とがあり、これも対象によっては必須な制御です。

モータ制御装置のパラメータをみると、Pゲイン、Iゲイン、Dゲインと書かれています。これはそれぞれの制御をどのくらい効かせるかの係数で、大きいほど強く操作されます。その設定によって性能が変わるほか、場合によっては機械が振動して壊れることもある数値群ですが、用途ごとに調整すると機械の動きが良くなると思います。

なお、フィードバックの動作はあくまで『センサで測った』現在の状態を目標に一致させるようにする』ことなので、もしセンサに誤差があると、誤差でずれたところに一致させるようになります。たとえば温度センサが2度低い値を示していたら、その値を信じて動作した空調機器は、実際には2度高い気温に調整することになります。よって、メカトロにおけるセンサは最終的な制御精度を決定づける大事な位置づけで、正確さには注意を払う必要があります。